I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Kompetenzbereiche für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzbereiche in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	**Kompetenzbereiche**				
	K1	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**
1.1	X	X	X		
1.2		X	X		
1.3			X	X	
1.4	X		X		
1.5			x		
1.6.1	X				
1.6.2		X		X	
1.6.3	X		X		
2.1	X	X			
2.2		X			
2.3		X	X		
2.4		X	X	X	
2.5				X	
2.6		X		X	

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.
Q1: Biochemische Grundlagen der Biologietechnik
Q2: Molekularbiologische und gentechnische Grundlagen der Biologietechnik
Q3: Theorie der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen
Verbindliche Themenfelder:
Grundlagen der Thermodynamik und der Enzymologie (Q1.1), Biochemie des Stoffwechsels der Kohlenhydrate (Q1.2), Molekularbiologische Grundlagen (Q2.1), Gentechnische Grundoperationen I (Q2.2), Gentechnische Grundoperationen II und Verfahren (Q3.1)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.1	erläutern, angeben aerobe Glukoseoxidation: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ alkoholische Gärung: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ Die Glukose wird von der Hefe abgebaut und ein Teil der chemischen Energie zur Energiegewinnung in Form von Adenosintriphosphat (ATP) genutzt. Hierbei wird zwischen Atmung und Gärung unterschieden. Für die Atmung (Fass Nr. 1) ist zwingend Sauerstoff erforderlich. Er dient als Elektronenakzeptor. Die Glukose wird in vielen Teilschritten (Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Citratzyklus, Atmungskette) enzymatisch vollständig zu Wasser und Kohlendioxid (CO_2) abgebaut. Die Energieausbeute beträgt 36/38 ATP. Unter anaeroben Bedingungen (Fass Nr. 2) baut die Hefe wiederum in mehreren enzymatisch katalysierten Teilschritten (Glykolyse und Umsetzung von Pyruvat zu Ethanol) zur Energiegewinnung Glukose in Abwesenheit von Sauerstoff zu CO_2 und Ethanol ab. Hier beträgt die Energieausbeute nur 2 ATP. erläutern angeben	 4 2	 4	
1.2	erklären Steht genügend Sauerstoff zur Verfügung, findet in den Zellen Zellatmung statt. Bei Sauerstoffentzug kann die Endoxidation nicht mehr ablaufen, in der das $NADH+H^+$ mithilfe von O_2 zu NAD^+ regeneriert wird (dabei entstehen ATP und H_2O). Dadurch kommt es zur Anhäufung von $NADH+H^+$. begründen Da die Zellen durch die alkoholische Gärung das angesammelte $NADH+H^+$ umsetzen, kommt es lediglich zu einem vorübergehenden Anstieg.		3	2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
1.3	darstellen geändert nach: https://www.u-helmich.de/bio/stoffwechsel/reihe2/reihe25-Beeinflussung/Beeinflussung.html (abgerufen am 29.12.2021).		4	
	erklären Aufgrund der Reaktions-Geschwindigkeits-Temperaturregel (RGT-Regel) ist zunächst ein Anstieg des Kohlendioxidgehalts zu erkennen bis zu einem Optimum bei 40 °C. Die RGT-Regel besagt: eine Erhöhung der Temperatur um 10 °C bewirkt etwa eine Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit. Danach fällt der Kohlenstoffdioxid-Gehalt ab, da die Enzyme bei Temperaturen über 40 °C denaturiert werden.			4
1.4	angeben − Enzyme sind Biokatalysatoren, die chemische Reaktionen unter den in lebenden Zellen herrschenden Bedingungen (z. B. Körpertemperatur) beschleunigen, indem sie die für den Ablauf jeder chemischen Reaktion notwendige Aktivierungsenergie herabsetzen. Enzyme unterstützen die Umsetzung eines für sie spezifischen Substrats, werden selbst aber nicht chemisch verändert. − Stoffwechselweg nennt man eine Abfolge mehrerer enzymatisch katalysierter chemischer Reaktionen durch eine Reihe von Enzymen.	3		
	erklären Würden die im menschlichen Körper ablaufenden Stoffwechselwege nicht reguliert, würden Energie und Material für die Produktion überflüssiger oder sogar schädlicher Zwischenprodukte verschwendet werden.			3

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
1.5	aufzeigen Mikroorganismen ↓ Erstellung einer Stammkultur ↓ Erstellung einer Starterkultur → Fermentation im Bioreaktor Fermentationsrohstoffe ↓ Produktionsmedium → Fermentation im Bioreaktor Optimierung der Bedingungen (z. B. Sauerstoffbedarf, pH Wert, Temperatur) UPSTREAM DOWNSTREAM Zellabtrennung ↓ eventuell Zellaufschluss ↓ Produktisolierung ↓ Produktkonzentrierung ↓ Reinigung ↓ Kontrolle ↓ Endprodukt geändert nach: https://www.google.com/search?q=upstream+downstream+biotechnologie&tbm=isch&hl=de&chips=q:upstream+downstream+biotechnologie,online_chips:processing:exGB_iLkZDg%3D&rlz=1C1CHBF_deDE820DE820&sa=X&ved=2ahUKEwjZsM2fgZX8AhVUNewKHScvAz8Q4lYoAXoECAEQJQ&biw=1349&bih=667#imgrc=IiUerbSxP_-2xM (abgerufen am 27.12.2022).		9	1

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.6.1	vergleichen In Abb. 3.1 verläuft die Produktion des Stoffwechselprodukts zunächst parallel zur Keimzahl. Nach einer kurzen Anlaufphase gehen die Kurven in eine exponentielle Phase über, an die sich eine stationäre Phase anschließt. In der Folge sinkt die Anzahl der Mikroorganismen (Absterbephase), während die Produktkonzentration stagniert. In Abb. 3.2 zeigt die Anzahl der Mikroorganismen zunächst den gleichen Verlauf wie in Abb. 3.1. Auch hier schließt sich nach einer kurzen Anlaufphase eine exponentielle Phase an, die in eine stationäre Phase übergeht. Eine Absterbephase ist nicht sichtbar. Die Produktion des Stoffwechselprodukts setzt erst viel später ein und steigt konstant an.	3	1	
1.6.2	zuordnen Bei Abbildung 3.1 (A) handelt es sich um die Produktion von Ethanol, bei Abbildung 3.2 (B) um die Produktion eines Antibiotikums.		2	
	begründen Ethanol ist ein Zellgift, die Kurve pendelt sich in einem für die Zellen zunächst noch erträglichen Maß ein. Ab einer bestimmten Konzentration ist die Ethanolkonzentration zu hoch für die Mikroorganismen. Sie sterben ab. Viel Antibiotikum schadet dagegen dem eingesetzten Organismus nicht; das Produkt kann sich immer weiter anreichern.			4
1.6.3	beschreiben, nennen Bei dem angesprochenen Prozess handelt es sich um die DNA-Replikation, also die identische Verdopplung eines DNA-Moleküls zum Zwecke der Zellteilung. Zuerst drillt das Enzym Gyrase die Doppelhelix auf. Eine Helikase öffnet die Doppelhelix durch Lösen der Wasserstoffbrückenbindungen. Eine RNA-Primase synthetisiert RNA-Primer als Ansatzstellen komplementär an die Stränge an. Dort kann die DNA-Polymerase ansetzen und am 3′-Ende nun freie Nukleotide komplementär zum vorhandenen DNA-Strang miteinander verknüpfen. Das Enzym RNase entfernt RNA-Primer wieder aus der neu synthetisierten DNA, eine DNA-Polymerase ergänzt die Lücken mit DNA-Nukleotiden und die DNA-Ligase verknüpft die gebildeten Stränge (Okazaki-Fragmente) durch Esterbindungen. Da beide „Elternstränge“ der DNA komplementär zueinander verlaufen, unterscheidet sich die Replikation an beiden Strängen voneinander. Man spricht bei den neu synthetisierten DNA-Matrizen daher vom Leitstrang und vom Folgestrang.			
	beschreiben	6		
	nennen	1		
	Summe 56	**19**	**23**	**14**

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
2.1	erläutern Bei Introns handelt es sich um nicht codierende Abschnitte der DNA innerhalb eines Gens. Sie trennen benachbarte Exons voneinander. Introns werden transkribiert, aber dann aus der prä-mRNA herausgespleißt, bevor diese zur Translation aus dem Zellkern herausgeschleust wird. Die in der reifen mRNA verbleibenden Teile des Gens nennt man Exons. Exons sind diejenigen Abschnitte eines Gens, die transkribiert und translatiert werden. Sie enthalten also die relevanten Informationen für ein bestimmtes Protein. Introns spielen eine Rolle beim alternativen Spleißen eines Gens, sodass ein Gen mehrere, in Abschnitten unterschiedliche Proteine hervorbringen kann.	3	3	
2.2	erklären Im Normalfall haben Mutationen in einem Intron keine Auswirkungen, da das Intron bei der Reifung der mRNA herausgeschnitten (herausgespleißt) wird. Liegt die Mutation im Bereich einer Signalsequenz für das Schneideenzym (Spleißosom) könnte die Mutation zu Problemen führen. Dann wird falsch gespleißt und die mRNA entsprechend falsch aufgebaut. Das nach der Translation entstehende Protein ist gegenüber dem ursprünglichen stark verändert.			6
2.3	ermitteln codogener Strang von 3′ nach 5′: CGG mRNA: GCC Aminosäure: Alanin		2	
	erläutern Die Base Guanin an der 2. Position im Codon 136 wurde gegen die Base Adenin ausgetauscht (Punktmutation). Dadurch entsteht ein Protein, das an dieser Stelle die Aminosäure Valin statt Alanin aufweist. Die räumliche Struktur des Proteins ändert sich und führt beim Schaf zu einer höheren Sensibilität an Scrapie zu erkranken.		4	

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
2.4	erläutern Bei dem dargestellten Vorgang handelt es sich um eine Sequenziermethode, genauer um die Kettenabbruchmethode, die auf der In-vitro-Synthese von DNA in Gegenwart von kettenabbruch-induzierenden Nukleotiden beruht. Die zu untersuchende DNA muss in Einzelstränge zerlegt (denaturiert) werden und einen bekannten Abschnitt haben, an den ein Primer angelagert wird, der der DNA-Polymerase als Startpunkt für die Synthese dient. Ein Gemisch aus vier Desoxynukleosidtriphosphaten (dATP, dCTP, dGTP, dTTP) in jedem der vier Reaktionsansätze wird von dem Enzym DNA-Polymerase genutzt, um den Gegenstrang zu synthetisieren. In jedem Reaktionsansatz findet sich außerdem eines von vier Didesoxynukleosidtriphosphaten (ddATP, ddCTP, ddGTP, ddTTP), die radioaktiv markiert sind, damit sie am Ende detektiert werden können. Die DNA-Polymerase liest den zu sequenzierenden Strang in 3′-5′ Richtung ab und synthetisiert den komplementären Einzelstrang in 5′-3′ Richtung. Wird ein Didesoxynukleosidtriphosphat anstelle eines Desoxynukleotidphosphats von der DNA-Polymerase eingebaut, kommt es zum Abbruch der Synthese. Durch den zufälligen Einbau der ddNTPs entstehen unterschiedlich lange DNA-Fragmente, die gelelektrophoretisch detektiert werden können.	8		
	skizzieren, erläutern lange Fragmente / kurze Fragmente / Elektrophoreserichtung / A T C G / Sequenzierung abgelesen von Gelplatte: 3´ C G A T G A C T G G 5´ fertige Sequenz des Einzelstrangs: 5´ G C T A C T G A C C 3´ geändert nach: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d9/Didesoxy-Methode.svg/640px-Didesoxy-Methode.svg.png?1631373889327 (abgerufen am 11.09.2021). Der jeweilige Reaktionsansatz wird mittels Gelelektrophorese nach der Länge der DNA-Fragmente aufgetrennt, dabei laufen kurze Fragmente weiter als lange. Der Vergleich der vier Ansätze mittels Gelelektrophorese ermöglicht das Ablesen der DNA-Sequenz. Dabei ergibt das Ablesen des Gels von unten nach oben die Basenabfolge des nicht codogenen Strangs, aus dem dann der komplementäre codogene DNA-Originalstrang ermittelt werden kann. skizzieren erläutern		 4 4	
2.5	aufzeigen Von einer RNA-Matrize wird mithilfe des Enzyms Reverse Transkriptase eine einzelsträngige DNA-Kopie (cDNA) erstellt. Sequenziert man diese, wie in 2.4 beschrieben, kann man von der DNA-Sequenz die RNA-Sequenz ableiten.			4

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE I**	**BE II**	**BE III**
2.6	aufzeigen individuelle Lösung, z. B.: Chancen: − Durch die Sequenzierung kann man generell detaillierte Erkenntnisse über erblich bedingte Krankheiten gewinnen. − Das frühe Erkennen von Erbkrankheiten, z. B. schon während der Schwangerschaft, könnte zu einer besseren Versorgung der Betroffenen führen. − Auch Krebs könnte frühzeitiger nachgewiesen werden und zu erhöhten Heilungschancen führen. Risiken: − Die durch Sequenzierung gewonnenen Daten könnten zu Missbrauch führen, z. B. zu Diskriminierung durch Krankenkassen oder Arbeitgeber aufgrund von genetischen Dispositionen. − Es könnten zu Beginn einer Schwangerschaft Kenntnisse über genetische Merkmale des ungeborenen Kindes gewonnen werden, die nicht mit der Gesundheit des Kindes zusammenhängen (z. B. Geschlecht). Dies könnte beim „falschen“ Geschlecht die Möglichkeit einer Abtreibung innerhalb legaler Fristen eröffnen.			6
	Summe 44	**11**	**17**	**16**

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“, „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im beruflichen Gymnasium (fachrichtungs-/ schwerpunktbezogene Fächer) (Abiturerlass BG)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologietechnik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	**Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen**			**Summe**
	AFB I	**AFB II**	**AFB III**	
1	19	23	14	**56**
2	11	17	16	**44**
Summe	**30**	**40**	**30**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.